把“钥匙-锁”的故事变成“狩猎工具-猎物”的故事

讲故事的两条路线：

根据XXX学说，人类语言起源的过程是YYY，我们发现了一种语言起源的方式ZZZ，

1. 如果我们的方式ZZZ和上述人类语言起源的方式YYY本质上一样，我们通过实验证实了这种起源方式。同时，生物学上也有相关证据，bulabula

2. 如果ZZZ和YYY不一样，我们反驳了XXX的学说，发现人类语言起源应该是ZZZ过程，语言起源依赖于bulabula

目前暂定的是第二种，我们的key insight是：

反驳Chomsky的“人脑内存在某种engine，该engine驱动产生语言”这一学说，并提出语言产生的充分条件是：

1. 环境设定上，使得每个个体在做出行动时，都有一定的选择性/不确定性；（动物没有不确定性，因为动物不会使用多种工具打猎，需要生物学证据）
2. 个体在决策时，不是简单的将同伴并作周围环境的一部分，而是考虑同伴的选择性/不确定性，并自行判断确定同伴们的选择；（动物可能不会考虑同伴，仅把同伴当作环境的一部分，从Tomasello《人类沟通起源》上找找证据）
3. 个体在演化时，有着独立于行为学习过程的内省/自言自语过程（来源于Wittgenstein的语言游戏，自然自语产生了对方的语言的语义候选列表，为下一步联合训练时语义的确定奠定基础）

（准确定义上述“选择性/不确定性”和“内省/自言自语”？）

这项工作的4个方面的意义：

1. 对人类语言起源的探索

2. 无线自组织网络

3. 人工智能自然语言处理

4. 通用人工智能需要在适应环境的同时，和其他个体进行交互

定义语言：

symbolic language，是两个独立个体之间的沟通协议（怎么准确定义“独立个体”？）

Related Work：

近年来有很多工作在研究多个智能体间的沟通，但都不能让独立个体自然产生symbolic language。他们都假设两个个体之间，在学习时，有大量的基于已知协议/先天共识的交流（准确定义“已知协议”/“先天共识”？），虽然个体间可以产生一定程度的交流，但不是symbolic language。

不独立训练直觉上的问题：

agent间共享参数或loss function的联合训练，使得环境中的所有agent整体，像是一个大脑连着多个传感器，传感器之间通过统一的脑回路传递电信号沟通。即使这种电信号呈现出一定的规律性，但也无法称之为语言。

要解决的问题：独立个体之间通过合作产生语言

主要困难：环境中的稀疏奖励 + agent间交流的语义难固定

关键手段：

1. 各自单独训练后，合作训练前，agent掌握了不对称的信息，这种信息不对称在联合训练时驱动了合作与沟通（而不是像之前的很多工作中事先预设agent 100%愿意合作）；
2. 单独训练的行为学习 + 单独训练的自言自语（内省） + 合作训练

备注1：自省的过程为什么一定要有，或者说前两个过程能不能合并？单独学行动的时候，语言反而会是干扰项吗？需要生物学或语言学上的证据

备注2：最好用过量化的指标强调一下，agent的模型和人类有什么相似点

备注3：最好能换几种模型，排除掉agent模型结构或个体生理结构这类因素，证明不需要什么engine就可以产生语言（可以不用强化学习，用svm或演化算法等等）